

水表面付近の乱れ特性に関する実験的研究

九州大学工学部 正 員 ○ 柴田 敏彦
正 員 小松 利光
学生員 高原 健太郎

1. はじめに

最近のコンピュータの発達と数値計算法の改良により、乱流モデルを用いた流れの数値シミュレーションが実用面でも活発に行われるようになってきた。しかしながら水表面付近における乱れ特性がまだそれ程明らかにされていないため、水表面での境界条件が精度向上に対する大きな妨げとなっているのが現状である。ここではせん断流がなくて比較的単純な乱れ場である振動格子乱流を用いて水表面付近の乱れ特性、とりわけ垂直方向の乱れが圧力を介して水平方向の乱れに変換されるメカニズムについて、乱れ及び圧力変動の測定を行って考察した。

2. 実験装置及び方法

実験装置を図-1に示す。水槽は25cm×25cm×60cm (高さ)の亚克力製で、ストローク6cm, 振動数4Hzで格子を鉛直に振動させて乱れを発生させた。

乱れの測定にはF L V (Fiber laser velocimeter)とL D V (Laser doppler velocimeter)を用い、また圧力測定には拡散形半導体小形圧力変換器を用いて同時測定を行なった。

測定は(図-2参照)振動格子の中心から上向きにz軸座標をとり、水表面をZ=10.0cmに設定する。水表面下1mmに拡散形半導体小形圧力変換器を設置し、その直下で水面からの距離 $\Delta z = 6\text{mm}$ のところに鉛直流速成分w測定のためのF L Vを、また水平成分u測定のためのL D Vを圧力計直下 $\Delta z = 3\text{mm}$ に設置し、圧力変換器直下 $\Delta x = 0\text{mm}$ から8mm まで2mm間隔に変化させてu, w, pの同時測定を行なった。

3. 実験結果及び考察

w-uの相互相関係数を図-3に示す。予想に反して Δx が増加

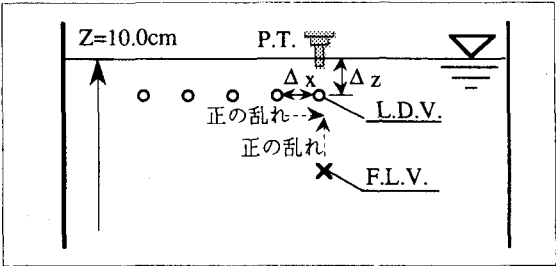


図 - 2 測定方法

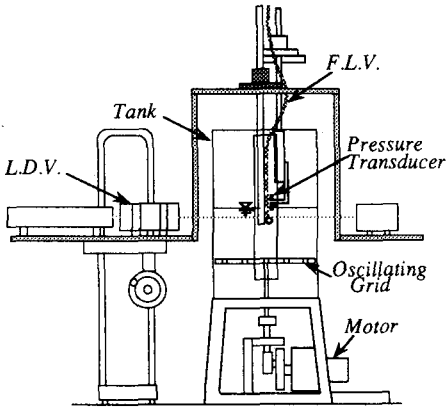


図 - 1 振動格子実験装置

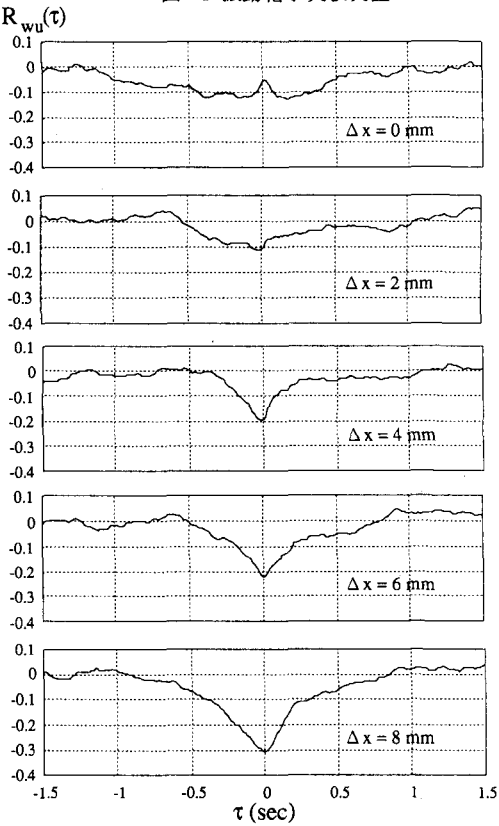


図 - 3 w-uの相互相関係数

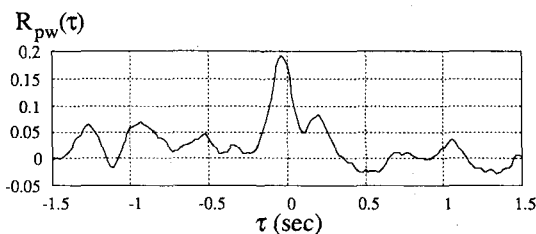


図 - 4 p-w の相互相関係数

しても位相遅れはほとんどなく、 $\tau = 0$ 付近で負の相関が卓越し Δx が大きくなるにつれてこのピークの値も大きくなる。ある程度の拡がりをもったユニットとしての渦構造体が水表面付近に来たときの w と u の挙動を表わしているものと思われる。図-4に p - w の相互相関係数を示す。圧力 p の変動は w の変動より少し遅れて生じ、正の相関であることから、上昇乱れに応じて圧力は上昇し、下降乱れに応じて圧力は低下することを示している。 p - u の相互相関を図-5に示す。 $\tau = 0.3$ sec 付近に負のピークがあり圧力変動 p を追うように u が変動していることから、 u は p により引き起こされている。 Δx が大きくなってもピークの τ が変わらないことから、一つの渦構造体に関連づけられていることが分かる。一方、 τ がマイナス側で小さな正のピークを生じているが、これは u の変動に遅れて p が変動することを示している。 Δx が大きくなるに従って時間の進みも大きくなっていることから u が p の変動を引き起こしていると考えられる。 u - p のコヒーレンスを図-6に示す。低周波側の線形性の強い周波数帯が Δx の距離が大きくなるに従い周波数の低い方へ移行している。このことは距離 Δx が大きくなるにつれて、より大きな構造の渦によって u - p 間の線形性が保たれていることを示している。

4. むすび

以上の実験結果から、水表面付近では圧力変動を通して u と w の間にエネルギーのやり取りが行なわれていることが明らかとなった。その際、平均渦径程度のスケールの拡がりをもった渦構造体が水表面に接近してきたときはそのスケールの範囲内の u - w のエネルギー交換にはほとんど時間遅れは見られない。一方、水表面付近の u の乱れにより圧力変動を通じて w にエネルギーが変換される場合は水表面付近で u のスケールが小さいこともあって u - p 間に距離に比例する時間の遅れが見られた。

参考文献

1. 遠藤悟, 小松利光, 柴田敏彦: 乱れ特性に及ぼす水表面の効果, 土木学会西部支部研究発表会, 1992年3月

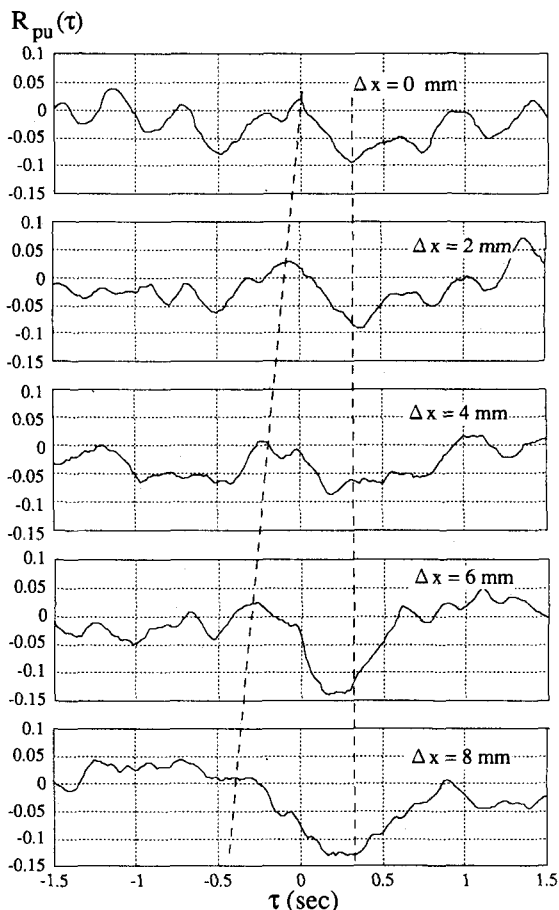


図 - 5 p-u の相互相関係数

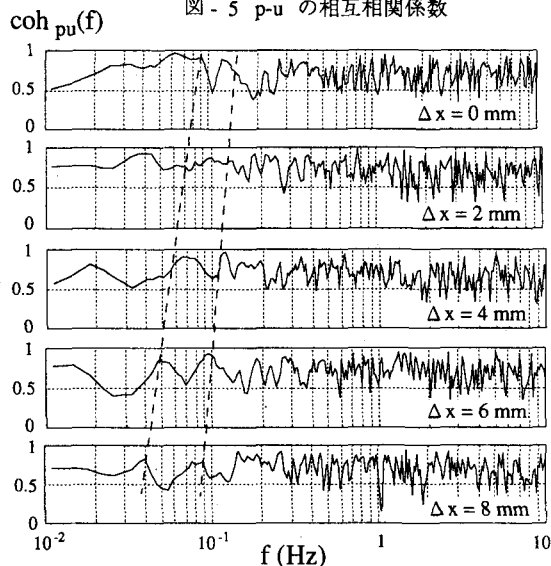


図 - 6 p-u のコヒーレンス